

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 730 172 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
04.09.1996 Bulletin 1996/36

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G02B 6/293, H04J 14/02

(21) Numéro de dépôt: 96400394.1

(22) Date de dépôt: 26.02.1996

(84) Etats contractants désignés:  
DE FR GB IT

(30) Priorité: 28.02.1995 FR 9502303

(71) Demandeur: FRANCE TELECOM  
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:  
• Chawki, Mouhammad Jamil  
22300 Lannion (FR)

• Delevaque, Eric  
22300 Ploumilliau (FR)  
• Tholey, Valérie  
22300 Lannion (FR)

(74) Mandataire: Dubois-Chabert, Guy et al  
Société de Protection des Inventions  
25, rue de Ponthieu  
75008 Paris (FR)

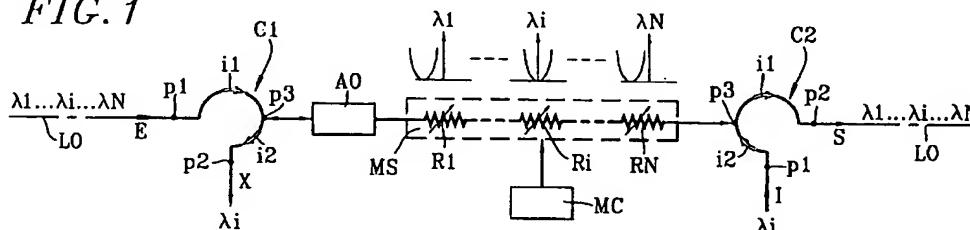
(54) **Multiplexeur optique à insertion-extraction utilisant des circulateurs optiques et des réseaux de bragg photoinscrits**

(57) Multiplexeur optique à insertion-extraction utilisant des circulateurs optiques et des réseaux de Bragg photoinscrits.

Ce multiplexeur est destiné à insérer dans un ensemble de signaux optiques, dont les longueurs d'onde appartiennent à un ensemble de longueurs d'onde ( $\lambda_1 \dots \lambda_N$ ), et à extraire de cet ensemble de signaux au moins un signal optique ayant une longueur d'onde déterminée, choisie dans l'ensemble de longueurs d'onde et comprend au moins un circulateur optique (C1, C2) comprenant une entrée destinée à recevoir l'ensemble de signaux et une sortie, un moyen de sélection optique (MS) qui est couplé, d'un côté, au circulateur et qui comprend au moins un réseau de

Bragg photoinscrit ( $R_1 \dots R_N$ ), ce réseau de Bragg photoinscrit étant associé à la longueur d'onde déterminée et apte à se trouver dans un premier état où il réfléchit le signal ayant cette longueur d'onde déterminée et où il transmet les signaux ayant une longueur d'onde différente de cette dernière ou éventuellement dans un deuxième état où il transmet tous les signaux, et un moyen (MC) de commande de ce moyen de sélection (MS), destiné à mettre le réseau dans le deuxième état, le moyen de sélection coopérant avec chaque circulateur optique en vue de l'insertion et de l'extraction du ou des signaux optiques. Application aux télécommunications optiques.

FIG. 1



EP 0 730 172 A1

## Description

### DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un multiplexeur optique à insertion-extraction ("*optical add-drop multiplexer*").

Elle s'applique notamment au domaine des télécommunications optiques.

### ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

On connaît diverses architectures de réseaux de télécommunications utilisant des guides optiques et des multiplexeurs optiques à insertion-extraction à base de filtres acousto-optiques ou de filtres de Fabry-Pérot.

Ces multiplexeurs à insertion-extraction connus présentent l'inconvénient de conduire à de fortes pertes optiques tant à l'insertion qu'à l'extraction.

### EXPOSE DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de remédier à cet inconvénient en proposant un multiplexeur à insertion-extraction qui conduit à des pertes optiques moins élevées que celles de ces multiplexeurs connus.

Dans certains modes de réalisation particuliers, l'invention permet même d'amplifier les signaux optiques qui sont insérés et ceux qui sont extraits et/ou de disposer d'un multiplexeur programmable.

De façon précise, la présente invention a pour objet un multiplexeur optique à insertion-extraction, ce multiplexeur étant destiné à insérer dans un ensemble de signaux optiques, dont les longueurs d'onde appartiennent à un ensemble de longueurs d'onde, et à extraire de cet ensemble de signaux au moins un signal optique ayant une longueur d'onde déterminée, choisie dans l'ensemble de longueurs d'onde, ce multiplexeur étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- au moins un circulateur optique ("*optical circulator*") comprenant une entrée destinée à recevoir l'ensemble de signaux et une sortie,
- un moyen de sélection optique qui est couplé, d'un côté, au circulateur et qui comprend au moins un réseau de Bragg photoinscrit ("*photoinduced Bragg grating*"), ce réseau de Bragg photoinscrit étant associé à la longueur d'onde déterminée et apte à se trouver dans un premier état où il réfléchit le signal ayant cette longueur d'onde déterminée et où il transmet les signaux ayant une longueur d'onde différente de cette dernière ou éventuellement dans un deuxième état où il transmet tous les signaux, et
- un moyen de commande de ce moyen de sélection, destiné à mettre le réseau dans le deuxième état,
- le moyen de sélection coopérant avec chaque circulateur optique en vue de l'insertion et de l'extraction du ou des signaux optiques.

Dans l'invention, lorsque chaque réseau de Bragg photoinscrit est destiné à rester dans son premier état, qui est son état normal, il n'y a pas de moyen de commande.

Selon un premier mode de réalisation particulier, le multiplexeur objet de l'invention comprend :

- un premier circulateur optique comprenant une entrée destinée à recevoir l'ensemble de signaux et une sortie,
- un deuxième circulateur optique (C2) comprenant une entrée destinée à recevoir le signal à insérer dans l'ensemble de signaux et une sortie,
- un moyen de sélection optique qui est couplé, d'un côté, au premier circulateur et, de l'autre côté, au deuxième circulateur et qui comprend au moins un réseau de Bragg photoinscrit, ce réseau de Bragg photoinscrit étant associé à la longueur d'onde déterminée et apte à se trouver dans un premier état où il réfléchit le signal ayant cette longueur d'onde déterminée et où il transmet les signaux ayant une longueur d'onde différente de cette dernière ou éventuellement dans un deuxième état où il transmet tous les signaux, et
- un moyen de commande de ce moyen de sélection, destiné à mettre le réseau dans le deuxième état,

la sortie du deuxième circulateur fournissant l'ensemble de signaux dans lequel on a inséré ou duquel on a extrait le signal de longueur d'onde déterminée et la sortie du premier circulateur fournissant le signal extrait de cet ensemble de signaux lorsque le réseau est dans le premier état, et inversement lorsque ce réseau est dans le deuxième état.

Le moyen de sélection optique peut alors comprendre une pluralité de réseaux de Bragg photoinscrits qui sont montés en série et sont chacun dans le premier état (et il n'y a alors pas de moyen de commande du moyen de sélection).

Selon un mode de réalisation préféré correspondant au premier mode de réalisation particulier, le moyen de sélection optique comprend une pluralité de réseaux de Bragg photoinscrits qui sont montés en série et le moyen de commande est apte à placer chacun de ces réseaux dans le deuxième état correspondant.

On dispose ainsi d'un multiplexeur programmable, permettant de sélectionner la ou les longueurs d'onde à insérer et à extraire.

Dans le cas de ce mode de réalisation préféré, les réseaux de Bragg photoinscrits du moyen de sélection optique peuvent être respectivement associés aux longueurs d'onde de l'ensemble de longueurs d'onde.

Au moins un milieu amplificateur optique peut être placé entre le moyen de sélection optique et l'un des premier et deuxième circulateurs. On peut aussi placer deux milieux amplificateurs optiques entre le moyen de sélection optique et respectivement les premier et deuxième circulateurs.

Dans une première variante de réalisation, l'un au moins des réseaux de Bragg photoinscrits est placé dans le premier état correspondant tandis que chacun des autres réseaux est placé dans le deuxième état correspondant.

Dans une deuxième variante de réalisation, l'un au moins des réseaux de Bragg photoinscrits est placé dans le deuxième état correspondant tandis que chacun des autres réseaux est placé dans le premier état correspondant.

Dans ce cas, le multiplexeur objet de l'invention peut comprendre en outre au moins un milieu amplificateur optique, ce milieu amplificateur optique étant placé entre le moyen de sélection optique et le premier circulateur.

Chacun des premier et deuxième circulateurs optiques peut comprendre un premier isolateur optique et un deuxième isolateur optique, l'entrée du premier isolateur et la sortie du deuxième isolateur étant respectivement couplées à l'entrée et à la sortie du circulateur correspondant tandis que la sortie du premier isolateur et l'entrée du deuxième isolateur sont couplées au moyen de sélection optique.

Selon un deuxième mode de réalisation particulier, le circulateur est un circulateur à quatre ports, les premier et quatrième ports formant respectivement l'entrée et la sortie du circulateur, les deuxième et troisième ports étant couplés au moyen de sélection optique, ce dernier comprenant un premier ensemble de M réseaux de Bragg photoinscrits montés en série et respectivement associés à des longueurs d'onde distinctes de l'ensemble de longueurs d'onde, ce premier ensemble étant couplé au deuxième port, avec  $1 \leq M < N$ , et un deuxième ensemble identique au premier ensemble et couplé au troisième port.

Dans ce cas, le multiplexeur peut comprendre en outre au moins un amplificateur optique monté en série avec l'un au moins des premier et deuxième ensembles ou chacun des premier et deuxième ensembles peut être monté en série avec au moins un amplificateur optique.

Le nombre M peut être égal à N-1.

Dans le cas de ce second mode de réalisation particulier, chaque réseau peut être dans son premier état ou le multiplexeur peut comprendre le moyen de commande permettant de mettre chaque réseau dans son deuxième état.

### BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1 à 4 sont des vues schématiques de modes de réalisation particuliers du multiplexeur optique à insertion-extraction objet de l'invention, utilisant deux circulateurs optiques à trois ports, et

- la figure 5 est une vue schématique d'un autre mode de réalisation particulier de ce multiplexeur, utilisant un circulateur optique à quatre ports.

### 5 EXPOSE DETAILLE DE MODES DE REALISATION PARTICULIERS

Le multiplexeur optique à insertion-extraction conforme à l'invention, qui est schématiquement représenté sur la figure 1, est destiné à insérer dans un ensemble de signaux optiques et à extraire de cet ensemble de signaux des signaux optiques ayant des longueurs d'onde déterminées.

Les longueurs d'onde des signaux optiques considérés appartiennent à un ensemble de longueurs d'onde  $\lambda_1 \dots \lambda_i \dots \lambda_N$ , où N est un nombre entier supérieur à 1.

On cherche par exemple à insérer et/ou extraire un signal dont la longueur d'onde est choisie dans l'ensemble de longueurs d'onde  $\lambda_1 \dots \lambda_N$  et vaut par exemple  $\lambda_i$ , où  $1 \leq i \leq N$ .

Le multiplexeur représenté sur la figure 1 est inséré dans une ligne optique LO formant par exemple une boucle optique dans laquelle on trouve d'autres multiplexeurs optiques non représentés, identiques à celui de la figure 1 et situés en amont et en aval de celui-ci sur la ligne optique LO.

Cette ligne est parcourue par les signaux de longueurs d'onde  $\lambda_1 \dots \lambda_i \dots \lambda_N$ .

Le multiplexeur optique conforme à l'invention, qui est représenté sur la figure 1, comprend :

- un premier circulateur optique C1 comprenant un port d'entrée p1, qui est destiné à recevoir l'ensemble de signaux, et un port de sortie p2,
- un deuxième circulateur optique C2 comprenant un port d'entrée p1, qui est destiné à recevoir le signal à insérer dans l'ensemble de signaux, et un port de sortie p2,
- un moyen de sélection optique MS qui est optiquement couplé, d'un côté, au premier circulateur C1 et, de l'autre côté, au deuxième circulateur C2 et qui comprend une pluralité de réseaux de Bragg photoinscrits  $R_1 \dots R_i \dots R_N$  qui sont montés en série et qui sont respectivement associés aux longueurs d'onde  $\lambda_1 \dots \lambda_i \dots \lambda_N$ , et
- un moyen MC de commande électrique de ce moyen de sélection MS.

Chacun des réseaux  $R_1 \dots R_i \dots R_N$  est apte à se trouver :

- soit dans un premier état, état naturel dans lequel il est "calé", c'est-à-dire réglé, sur la longueur d'onde correspondante,
- soit dans un deuxième état dans lequel il n'est pas réglé sur cette longueur d'onde.

Dans le premier état, ce réseau réfléchit les signaux optiques incidents ayant la longueur d'onde sur laquelle il est réglé et transmet les signaux optiques n'ayant pas cette longueur d'onde.

Dans le deuxième état, ce réseau transmet les signaux optiques incidents quelle que soit la longueur d'onde de ceux-ci.

Un tel réseau, qui -on le rappelle- est inscrit sur un guide optique, par exemple une fibre optique ou un guide planaire (par exemple en silicium, en InP ou en niobate de lithium), fonctionne en transmission en tant que filtre réjecteur et en réflexion en tant que filtre passe-bande.

Les réseaux R1 ... RN du multiplexeur de la figure 1 sont programmables.

En effet, chacun d'entre eux peut être réglé ou non sur la longueur d'onde qui lui correspond.

On connaît des réseaux de Bragg photoinscrits dont le taux de réjection atteint 99% (20 dB).

Le moyen de commande MC est apte à placer sélectivement chacun des réseaux R1 ... RN dans le deuxième état correspondant.

Pour ce faire, ce moyen de commande MC comprend des moyens d'application d'une contrainte mécanique (dispositifs piézoélectriques) ou d'un échauffement thermique (dispositifs à effet Peltier) à chacun des réseaux R1 ... RN.

L'application d'une telle contrainte mécanique ou d'un tel échauffement thermique sur un réseau de Bragg photoinscrit permet d'obtenir une accordabilité de quelques nanomètres par commande électrique.

Chaque réseau peut ainsi être réglé (le dispositif piézoélectrique ou à effet Peltier correspondant est inactivé) ou non réglé (ce dispositif est activé) sur la longueur d'onde qui lui est associée.

On considère maintenant les circulateurs optiques C1 et C2.

On rappelle qu'un circulateur optique est un système de couplage optique, qui est généralement fait à partir de fibres optiques, qui est indépendant de la polarisation et qui a une faible perte d'insertion, cette dernière étant de l'ordre de 1 dB.

Ce système de couplage optique utilise la technique de l'isolation optique.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1, chacun des circulateurs optiques C1 et C2 a trois ports optiques, à savoir les ports p1 et p2 déjà cités et un autre port p3.

Le port p1 du circulateur C1 est raccordé à la ligne LO et correspond à l'entrée E du multiplexeur.

Le port p2 de ce circulateur C1 correspond à la sortie d'extraction X du multiplexeur.

Le port p1 du circulateur C2 correspond à l'entrée d'insertion I de ce multiplexeur.

Le port p2 de ce circulateur C2 est raccordé à la ligne LO et correspond à la sortie S du multiplexeur.

Chacun des circulateurs C1 et C2 comprend un premier isolateur optique i1 et un deuxième isolateur optique i2.

L'entrée de l'isolateur i1 et la sortie de l'isolateur i2 sont respectivement couplées au port p1 et au port p2, comme on le voit sur la figure 1.

La sortie de l'isolateur i1 et l'entrée de l'isolateur i2 sont optiquement couplées au port p3.

Ce port p3 est lui-même optiquement couplé au moyen de sélection optique MS et, plus précisément, au réseau de Bragg photoinscrit R1, comme on le voit sur la figure 1.

Dans l'exemple représenté sur cette figure 1, ce couplage entre le port p3 et le réseau R1 se fait par l'intermédiaire d'un milieu amplificateur optique bidirectionnel AO qui est par exemple un milieu amplificateur à fibre optique ou un milieu amplificateur à semiconducteur.

Un signal optique entrant dans le circulateur C1 par le port p3 de celui-ci est totalement transmis au port p2 de ce circulateur C1.

Les ports p1 et p2 sont entièrement isolés l'un de l'autre, l'isolation étant supérieure à 30 dB.

Le port p3 du circulateur C2 est optiquement couplé au réseau de Bragg photoinscrit RN.

Les N réseaux R1 ... RN programmables déterminent la ou les longueurs d'onde à extraire sur le port p2 du circulateur C1 suivant les positions fréquentielles de ces réseaux.

Dans l'exemple représenté, un signal de longueur d'onde  $\lambda_i$  est extrait des signaux parvenant à l'entrée E du multiplexeur optique et un signal de longueur d'onde  $\lambda_i$  est également inséré dans ces signaux.

Pour ce faire, le réseau Ri est réglé sur cette longueur d'onde  $\lambda_i$ .

Les autres réseaux R1 ... Ri-1, Ri+1 ... RN ne sont, au contraire, pas réglés sur les longueurs d'onde qui leur correspondent.

Ainsi, tous les signaux d'entrée dont les longueurs d'onde sont différentes de  $\lambda_i$  passent de l'entrée E à la sortie S du multiplexeur optique.

Un signal de longueur d'onde  $\lambda_i$ , qui pénètre dans ce multiplexeur, est réfléchi par le réseau photoinscrit Ri pour retourner vers ce circulateur C1 et quitter celui-ci par la sortie d'extraction X où il peut être traité par des moyens appropriés non représentés.

Un signal de longueur d'onde  $\lambda_i$  provenant d'une source non représentée et pénétrant dans le multiplexeur par l'entrée d'insertion I de celui-ci parvient au réseau Ri, est réfléchi par celui-ci et sort du multiplexeur par la sortie S de celui-ci.

Le milieu amplificateur bidirectionnel AO permet :

- la simple amplification des signaux optiques qui traversent le multiplexeur de la figure 1 et
- la double amplification d'un signal qui est extrait de ces signaux, un signal inséré n'étant pas amplifié.

Dans un mode de réalisation non représenté, le milieu amplificateur optique AO est placé non pas entre le circulateur C1 et le réseau R1 mais entre le réseau RN et le circulateur C2.

Dans ce cas, ce milieu amplificateur permet :

- la simple amplification des signaux qui traversent le multiplexeur et
- la double amplification d'un signal inséré, un signal 5 extrait n'étant pas amplifié.

Il est à noter que les circulateurs C1 et C2 assurent l'isolation du milieu amplificateur AO vis-à-vis des réflexions optiques.

Ainsi, il n'est pas nécessaire d'ajouter des isolateurs optiques au multiplexeur de la figure 1 pour obtenir cette isolation.

Pour augmenter l'amplification optique des signaux, on peut utiliser non pas un mais deux milieux 15 amplificateurs optiques, l'un étant placé entre le circulateur C1 et le réseau R1 et l'autre entre le réseau RN et le circulateur C2.

Pour des raisons de stabilité, il est préférable que le ou les milieux amplificateurs optiques aient un gain stabilisé.

Dans un mode de réalisation non représenté, une pluralité des réseaux R1 ... RN sont réglés sur les longueurs d'onde correspondantes tandis que ce n'est pas le cas des autres réseaux.

On règle par exemple les réseaux R1 et RN sur les longueurs d'ondes correspondantes  $\lambda_1$  et  $\lambda_N$  et les autres réseaux R2 ... RN-1 ne sont pas réglés sur les longueurs d'onde  $\lambda_2$  ...  $\lambda_{N-1}$ .

Dans ces conditions, on est capable d'insérer dans les signaux qui arrivent à l'entrée du multiplexeur des signaux de longueurs d'onde respectives  $\lambda_1$  et  $\lambda_N$  et l'on est également capable d'en extraire de tels signaux de longueurs d'onde respectives  $\lambda_1$  et  $\lambda_N$ .

Dans un autre mode de réalisation non représenté, le multiplexeur ne comprend qu'un seul réseau de Bragg photoinscrit qui est réglé sur la longueur d'onde correspondante (et qui est donc dans son état normal, sans avoir besoin de moyen de commande).

Dans ce cas, on est capable d'insérer dans des signaux incidents et/ou d'extraire de ces signaux incidents un signal ayant cette longueur d'onde.

On considère maintenant le multiplexeur conforme à l'invention qui est schématiquement représenté sur la figure 2.

L'entrée E et la sortie S de ce multiplexeur se trouvent sur un même circulateur optique, à savoir le circulateur C1.

On voit encore sur la figure 2 les deux parties de la ligne optique LO auxquelles sont respectivement 50 reliées l'entrée E et la sortie S du multiplexeur.

La fonction d'insertion-extraction est quant à elle réalisée à l'aide d'un deuxième circulateur, à savoir le circulateur C2.

Plus précisément, le multiplexeur de la figure 2 est constitué de la même façon que celui de la figure 1 à ceci près que le réglage des réseaux de Bragg photoinscrits est différent.

Dans l'exemple choisi, où l'on veut insérer un signal de longueur d'onde  $\lambda_i$  dans les signaux incidents et/ou extraire de ceux-ci un signal ayant également la longueur d'onde  $\lambda_i$ , tous les réseaux faisant partie des moyens de sélection MS du multiplexeur de la figure 2 sont réglés sur les longueurs d'onde correspondantes à l'exception du réseau photoinscrit Ri correspondant à la longueur d'onde  $\lambda_i$  qui n'est pas réglé sur cette longueur d'onde  $\lambda_i$ .

Dans ces conditions, le port d'entrée p1 et le port de sortie p2 du circulateur C1 du multiplexeur de la figure 2 correspondent respectivement à l'entrée E et à la sortie S du multiplexeur de la figure 2.

Le port d'entrée p1 et le port de sortie p2 du circulateur C2 de ce multiplexeur de la figure 2 correspondent respectivement à l'entrée d'insertion I et à la sortie d'extraction X du multiplexeur de la figure 2.

Les signaux optiques, dont les longueurs d'onde appartiennent à l'ensemble  $\lambda_1$  ...  $\lambda_N$  mais différent de  $\lambda_i$ , arrivent à l'entrée E du multiplexeur puis passent dans le circulateur C1 pour arriver au moyen de sélection MS où ils sont réfléchis par les réseaux photoinscrits correspondants.

Ces signaux parviennent alors à la sortie S du multiplexeur en repassant par le circulateur C1.

Un signal optique de longueur d'onde  $\lambda_i$  injecté à l'entrée I traverse tous les réseaux R1 ... RN pour parvenir également à la sortie S.

Un signal optique de longueur d'onde  $\lambda_i$  parvenant par l'entrée E du multiplexeur de la figure 2 traverse l'ensemble des réseaux de celui-ci, passe dans le circulateur C2 puis parvient à la sortie d'extraction X.

Au lieu qu'un seul réseau ne soit pas réglé sur la longueur d'onde correspondante, on pourrait ne pas régler une pluralité de réseaux sur les longueurs d'onde correspondantes pour pouvoir insérer et/ou extraire des signaux optiques ayant ces longueurs d'onde.

Dans l'exemple représenté sur la figure 2, le milieu amplificateur optique bidirectionnel AO est encore inséré entre le port p3 du circulateur C1 et le réseau R1.

Dans ces conditions, les signaux qui ne correspondent pas à une longueur d'onde d'extraction et qui parviennent à l'entrée E se retrouvent à la sortie S après avoir été doublement amplifiés par ce milieu amplificateur AO.

De plus, tout signal à insérer subit une simple amplification de la part de ce milieu amplificateur AO et il en est de même pour tout signal à extraire.

On pourrait bien entendu placer un autre milieu amplificateur optique bidirectionnel entre le réseau RN et le circulateur C2 du multiplexeur de la figure 2.

On pourrait également utiliser un seul milieu amplificateur optique que l'on placerait entre ce réseau RN et ce circulateur C2.

Dans ce cas, seuls seraient amplifiés les signaux à extraire et les signaux à insérer.

On peut réaliser un multiplexeur conforme à l'invention, qui est comparable à celui de la figure 1 mais qui comprend un ou une pluralité de réseaux de Bragg photo-

toinscrits qui restent "fixes" (c'est-à-dire dans leur premier état (état naturel) et qui ne nécessite donc aucun moyen de commande. Avec ce multiplexeur on est capable d'insérer et/ou d'extraire la ou les longueurs d'onde correspondant à ce ou ces réseaux.

Ceci est schématiquement illustré par la figure 3 représentant un multiplexeur conforme à l'invention identique à celui de la figure 1, excepté pour le moyen de sélection qui, dans le cas de la figure 3, ne comprend que les réseaux  $R_i$  et  $R_{i+1}$  qui sont montés en série et restent constamment dans leur premier état (il n'y a pas de moyen de commande MC). Ce multiplexeur de la figure 3 permet d'insérer et/ou d'extraire des signaux de longueurs d'onde  $\lambda_i$  et  $\lambda_{i+1}$ .

On peut aussi réaliser un multiplexeur conforme à l'invention, qui est comparable à celui de la figure 2 mais qui comprend un ou une pluralité de réseaux de Bragg photoinscrits qui restent "fixes" (c'est-à-dire dans leur premier état (état naturel) et qui ne nécessite donc aucun moyen de commande. Avec ce multiplexeur on est capable d'insérer et/ou d'extraire les longueurs d'onde restantes non réfléchies par le ou les réseaux.

Ceci est schématiquement illustré par la figure 4 représentant un multiplexeur conforme à l'invention identique à celui de la figure 2, excepté pour le moyen de sélection qui, dans le cas de la figure 4, ne comprend que les réseaux  $R_1, \dots, R_{i-1}, R_{i+2}, \dots, R_N$  qui sont montés en série et restent constamment dans leur premier état (il n'y a pas de moyen de commande MC). Ce multiplexeur de la figure 4 permet d'insérer et/ou d'extraire des signaux de longueurs d'onde  $\lambda_i$  et  $\lambda_{i+1}$ .

La figure 5 illustre schématiquement un autre mode de réalisation particulier du multiplexeur objet de l'invention, comprenant un circulateur optique C4 à quatre ports successifs  $p_1, p_2, p_3$  et  $p_4$  qui sont séparés les uns des autres par trois isolateurs optiques  $i_1, i_2, i_3$ .

Le multiplexeur de la figure 5 comprend aussi un moyen de sélection MS composé d'un premier ensemble et d'un deuxième ensemble de réseaux de Bragg photoinscrits. Ces ensembles sont identiques et chacun d'eux comprend les  $N-1$  réseaux  $R_1, \dots, R_{i-1}, R_{i+1}, \dots, R_N$  mentionnés plus haut, montés en série et restant dans leur premier état.

Le réseau  $R_1$  du premier ensemble est relié au port 2 du circulateur C4, de préférence par l'intermédiaire d'un milieu amplificateur optique AO. L'extrémité libre du réseau  $R_N$  de ce premier ensemble constitue la sortie d'extraction X du multiplexeur.

Le réseau  $R_2$  du deuxième ensemble est relié au port  $p_3$  du circulateur C4, de préférence par l'intermédiaire d'un milieu amplificateur optique AO. L'extrémité libre du réseau  $R_N$  de ce deuxième ensemble constitue l'entrée d'insertion I du multiplexeur.

Le port  $p_1$  du circulateur correspond à l'entrée E du multiplexeur et reçoit des signaux de longueurs d'onde respectives  $\lambda_1, \dots, \lambda_i, \dots, \lambda_N$ . Le signal de longueur d'onde  $\lambda_i$  est extrait en X. En I on peut insérer un signal de longueur d'onde  $\lambda_i$ . Le port  $p_4$  du circulateur correspond à la sortie S du multiplexeur et fournit les signaux

non extraits, de longueurs d'onde  $\lambda_1, \dots, \lambda_{i-1}, \lambda_{i+1}, \dots, \lambda_N$ , et le signal inséré, de longueur d'onde  $\lambda_i$ .

Dans le cas où les milieux amplificateurs AO sont utilisés, l'isolation optique de ces milieux amplificateurs est obtenue, d'un côté, par les isolateurs du circulateur C4 et, de l'autre côté, par des isolateurs optiques  $i_4$  et  $i_5$  que l'on place respectivement à la sortie d'extraction X et à l'entrée d'insertion I, comme on le voit sur la figure 5.

Plus généralement, le premier ensemble peut comprendre un ou une pluralité de réseaux fixes et le deuxième ensemble peut comprendre ce ou ces réseaux fixes. On peut alors extraire et/ou insérer les longueurs d'onde non réfléchies par ce ou ces réseaux.

Bien entendu, dans un multiplexeur du genre de celui de la figure 5, on pourrait associer aux réseaux un moyen de commande du genre du moyen MC mentionné plus haut pour mettre sélectivement ces réseaux dans leur deuxième état.

Dans l'invention, l'utilisation d'un ou deux milieux amplificateurs optiques permet d'obtenir un multiplexeur optique à insertion-extraction "avec gain" c'est-à-dire où la fonction d'amplification est intégrée, d'où un équipement moins coûteux qu'un multiplexeur optique à insertion-extraction auquel on ajouterait un ou des amplificateurs optiques.

## Revendications

1. Multiplexeur optique à insertion-extraction, ce multiplexeur étant destiné à insérer dans un ensemble de signaux optiques, dont les longueurs d'onde appartiennent à un ensemble de longueurs d'onde ( $\lambda_1 \dots \lambda_N$ ), et à extraire de cet ensemble de signaux au moins un signal optique ayant une longueur d'onde déterminée, choisie dans l'ensemble de longueurs d'onde, ce multiplexeur étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- au moins un circulateur optique (C1, C2; C4) comprenant une entrée destinée à recevoir l'ensemble de signaux et une sortie,
- un moyen de sélection optique (MS) qui est couplé, d'un côté, au circulateur et qui comprend au moins un réseau de Bragg photoinscrit, ce réseau de Bragg photoinscrit étant associé à la longueur d'onde déterminée et apte à se trouver dans un premier état où il réfléchit le signal ayant cette longueur d'onde déterminée et où il transmet les signaux ayant une longueur d'onde différente de cette dernière ou éventuellement dans un deuxième état où il transmet tous les signaux, et
- un moyen (MC) de commande de ce moyen de sélection (MS), destiné à mettre le réseau dans le deuxième état,

le moyen de sélection coopérant avec chaque circulateur optique en vue de l'insertion et de l'extraction du ou des signaux optiques.

2. Multiplexeur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend :
  - un premier circulateur optique (C1) comprenant une entrée (p1) destinée à recevoir l'ensemble de signaux et une sortie (p2),
  - un deuxième circulateur optique (C2) comprenant une entrée (p1) destinée à recevoir le signal à insérer dans l'ensemble de signaux et une sortie (p2),
  - un moyen de sélection optique (MS) qui est couplé, d'un côté, au premier circulateur et, de l'autre côté, au deuxième circulateur et qui comprend au moins un réseau de Bragg photoinscrit (R1 ... RN), ce réseau de Bragg photoinscrit étant associé à la longueur d'onde déterminée et apte à se trouver dans un premier état où il réfléchit le signal ayant cette longueur d'onde déterminée et où il transmet les signaux ayant une longueur d'onde différente de cette dernière ou éventuellement dans un deuxième état où il transmet tous les signaux, et
  - un moyen (MC) de commande de ce moyen de sélection (MS), destiné à mettre le réseau dans le deuxième état,
- la sortie du deuxième circulateur fournissant l'ensemble de signaux dans lequel on a inséré ou duquel on a extrait le signal de longueur d'onde déterminée et la sortie du premier circulateur fournissant le signal extrait de cet ensemble de signaux lorsque le réseau est dans le premier état, et inversement lorsque ce réseau est dans le deuxième état.
3. Multiplexeur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le moyen de sélection optique (MS) comprend une pluralité de réseaux de Bragg photoinscrits (R1 ... RN) qui sont montés en série et en ce que le moyen de commande (MC) est apte à placer chacun de ces réseaux dans le deuxième état correspondant.
4. Multiplexeur selon la revendication 3, caractérisé en ce que les réseaux de Bragg photoinscrits (R1 ... RN) du moyen de sélection optique (MS) sont respectivement associés aux longueurs d'onde ( $\lambda_1$  ...  $\lambda_N$ ) de l'ensemble de longueurs d'onde.
5. Multiplexeur selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'un au moins des réseaux de Bragg photoinscrits (R1 ... RN) est placé dans le premier état correspondant tandis que chacun des autres

réseaux est placé dans le deuxième état correspondant.

6. Multiplexeur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le moyen de sélection optique comprend une pluralité de réseaux de Bragg photoinscrits qui sont montés en série et sont chacun dans le premier état.
7. Multiplexeur selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un milieu amplificateur optique (AO), ce milieu amplificateur optique étant placé entre le moyen de sélection optique (MS) et l'un des premier et deuxième circulateurs (C1, C2).
8. Multiplexeur selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'un au moins des réseaux de Bragg photoinscrits (R1 ... RN) est placé dans le deuxième état correspondant tandis que chacun des autres réseaux est placé dans le premier état correspondant.
9. Multiplexeur selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un milieu amplificateur optique (AO), ce milieu amplificateur optique étant placé entre le moyen de sélection optique (MS) et le premier circulateur (C1).
10. Multiplexeur selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend deux milieux amplificateurs optiques respectivement placés entre le moyen de sélection optique (MS) et les premier et deuxième circulateurs (C1, C2).
11. Multiplexeur selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que chacun des premier et deuxième circulateurs optiques (C1, C2) comprend un premier isolateur optique (i1) et un deuxième isolateur optique (i2), l'entrée du premier isolateur (i2) et la sortie du deuxième isolateur étant respectivement couplées à l'entrée (p1) et à la sortie (p2) du circulateur correspondant tandis que la sortie du premier isolateur et l'entrée du deuxième isolateur sont couplées au moyen de sélection optique (MS).
12. Multiplexeur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circulateur (C4) est un circulateur à quatre ports, les premier et quatrième ports formant respectivement l'entrée et la sortie du circulateur, les deuxième et troisième ports étant couplées au moyen de sélection optique (MS), ce dernier comprenant un premier ensemble de M réseaux de Bragg photoinscrits montés en série et respectivement associés à des longueurs d'onde distinctes de l'ensemble de longueurs d'onde, ce premier ensemble étant couplé au deuxième port, avec

$1 \leq M < N$ , et un deuxième ensemble identique au premier ensemble et couplé au troisième port.

13. Multiplexeur selon la revendication 12, caractérisé en ce que le nombre  $M$  est égal à  $N-1$ . 5
14. Multiplexeur selon l'une quelconque des revendications 12 et 13, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un milieu amplificateur optique (AO) monté en série avec l'un au moins des premier et deuxième ensembles. 10
15. Multiplexeur selon la revendication 14, caractérisé en ce que chacun des premier et deuxième ensembles est monté en série avec au moins un milieu amplificateur optique (AO). 15
16. Multiplexeur selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, caractérisé en ce que chaque réseau est dans son premier état. 20
17. Multiplexeur selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend le moyen de commande permettant de mettre chaque réseau dans son deuxième état. 25

30

35

40

45

50

55



FIG. 1

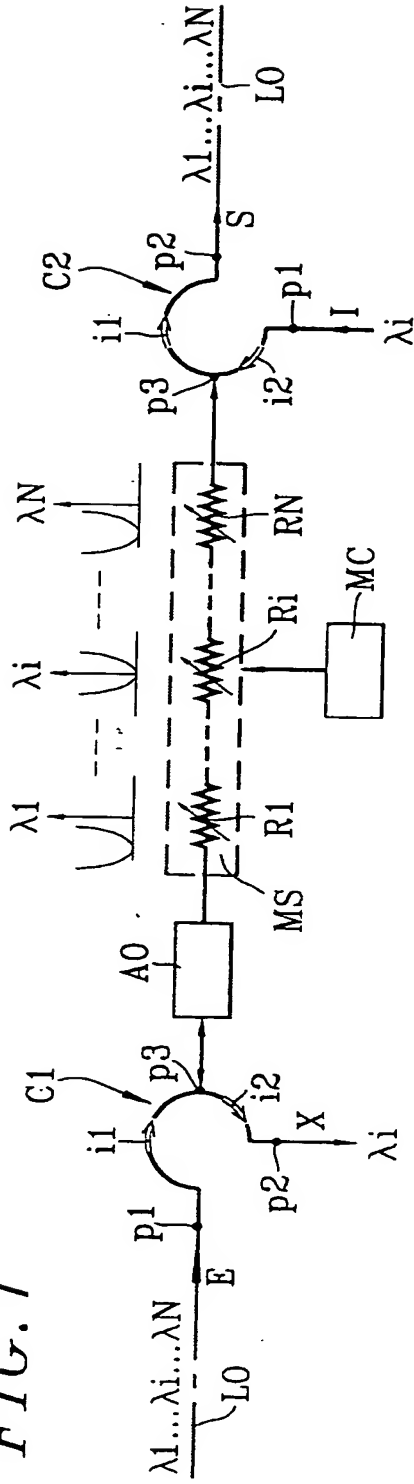


FIG. 2

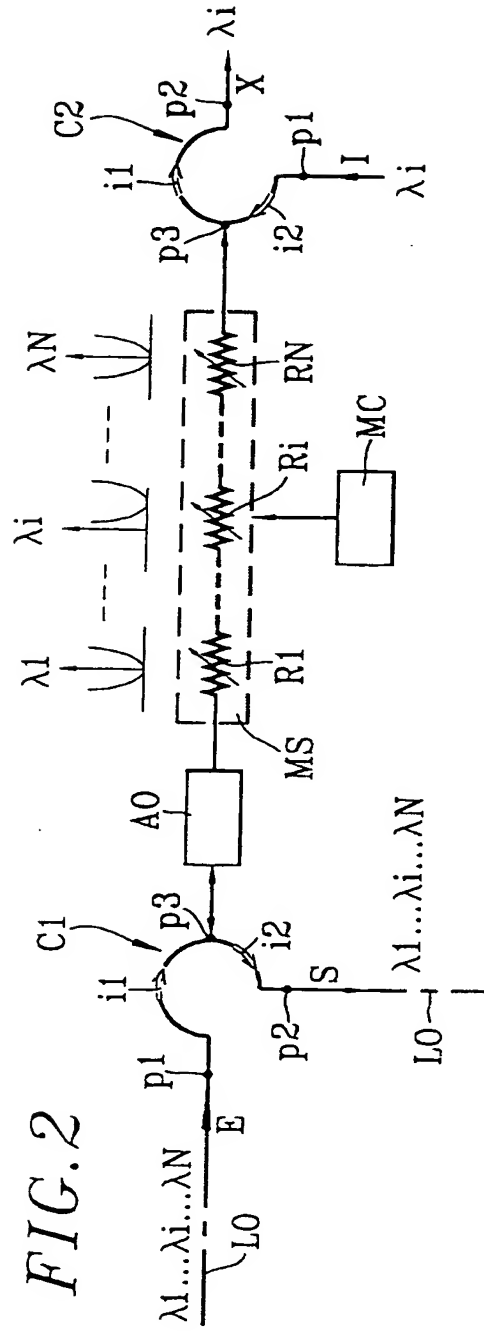
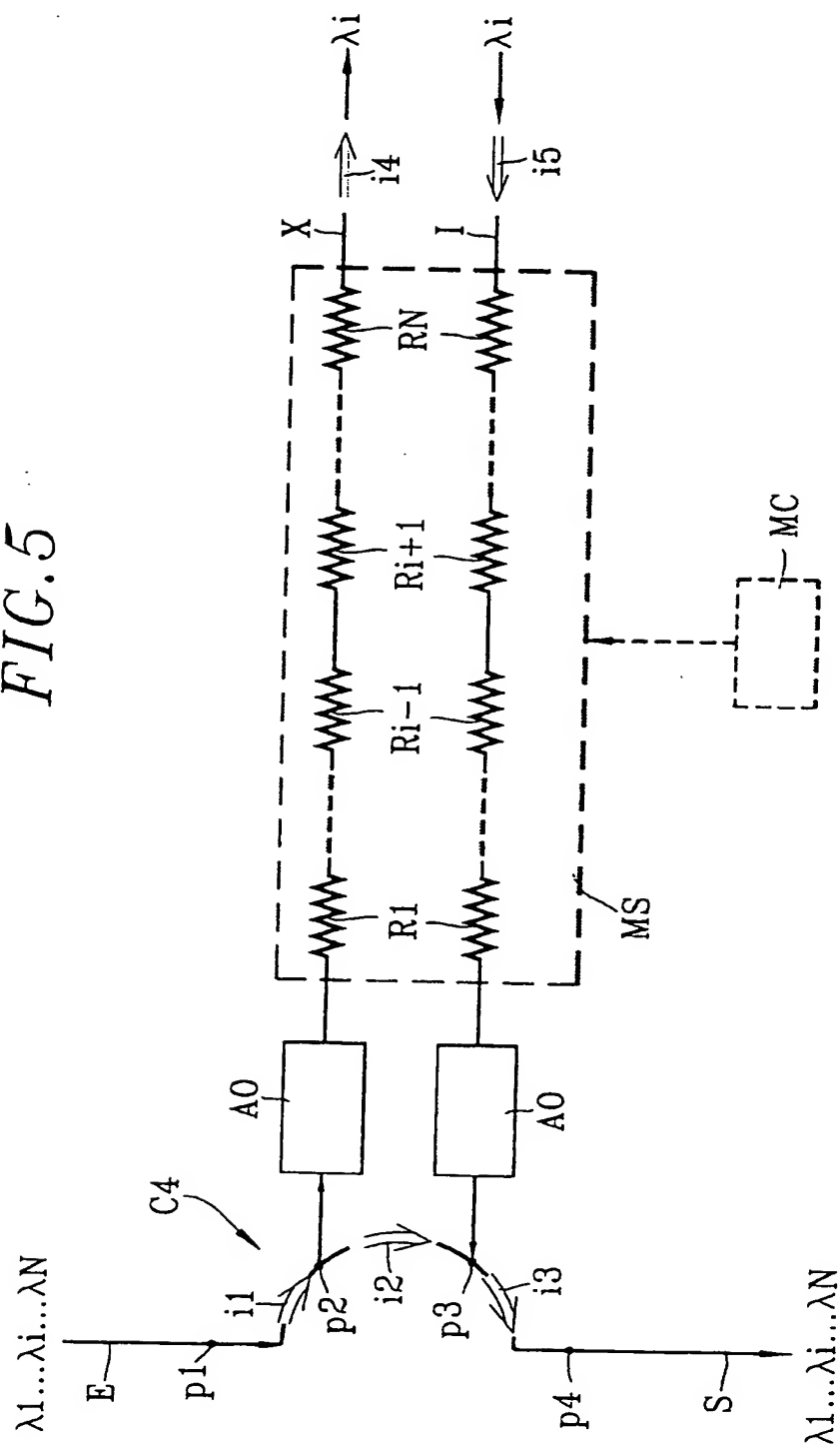




FIG.5



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 96 40 0394

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	US-A-5 283 686 (D.R.HUBER) * le document en entier *	1-3,7	G02B6/293 H04J14/02
A	--- MICROWAVE AND OPTICAL TECHNOLOGY LETTERS, vol. 7, no. 11, 5 Août 1994, pages 499-500, XP002004957 J.CAPMANY ET.AL.: "A novel highly selective and tunable optical bandpass filter using a fiber grating and a fiber Fabry-Perot" * le document en entier *	1-3	
A,D	--- EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION (ECOC 93), vol. 3, 12 Septembre 1993, MONTREUX, SWITZERLAND, pages 29-32, XP002004958 F.BILODEAU ET.AL.: "Compact all-fiber narrowband transmission filter using Bragg gratings" * page 29, ligne 4 - ligne 18 *	1,2	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			G02B H04J H04Q H04B G02F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>LA HAYE</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>6 Juin 1996</b>	Examinateur <b>Mathyssek, K</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons A : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 01.92 (P04.02)